

OPTIMASI KINERJA PROYEK DENGAN PENERAPAN METODE CRASHING DAN LINEAR PROGRAMMING PADA PROYEK *BULK GODOWN*

Zel Citra¹, Budi Susetyo², Paksi Dwiyanto Wibowo³

¹Charoen Pokphand Indonesia

²Dosen Program Magister Teknik Sipil Universitas Mercubuana, Jakarta

³PT. Wijaya Karya Pracetak Gedung Wika Tower 1, Jakarta Email: penulis utama.

Email : zelcivilcys@gmail.com, budisusetyo@mercubuana.ac.id, paski_dw@yahoo.com

Abstract

Industrial growth is expected to reach 2 (two) digits by 2035 so that the industry contribution in Gross Domestic Product (GDP) reaches 30% (thirty percent). One of the target industries is the development of Animal Feed Industry. The success of the Animal Feed Industry depend on the accuracy of time, cost, and quality aspects. However, based on field experience, delay affected the purchases and storage of animal feed raw materials. To anticipate project delays, it is necessary to optimize project performance by accelerating the implementation of Bulk Godown warehouse with Crashing and Linear Programming methods. Acceleration of warehouse development project is conducted using alternative working hours overtime in 3 ways by the addition of 1, 2 and 3 hours overtime. The primary data were taken from the interview process and secondary data obtained from documents namely RAB, Project Scheduling, SPK and other supporting documents. The optimum time obtained for accelerating the completion of the project by crashing analysis is the addition of 2 hours overtime for 131 days with a total cost of Rp. 15,387,512,677, -. and the optimum total time obtained from the linear programming analysis is to accelerate the completion of the project for 124 days with a total cost of Rp. 15,252,623,540.

Key words: *Optimization, Project Performance, Project Acceleration, Crashing Method, Linear Programming Method, Overtime Hour.*

Abstrak

Pertumbuhan industri diharapkan mencapai pertumbuhan 2 (dua) digit pada tahun 2035 sehingga kontribusi industri dalam Produk Domestik Bruto (PDB) mencapai 30% (tiga puluh persen). Salah satu industri yang menjadi target adalah pembangunan Industri Pakan Ternak. Keberhasilan proyek pembangunan Industri Pakan Ternak dapat ditinjau dari ketepatan aspek waktu, biaya, dan mutu. Namun, praktik di lapangan seringkali terjadi keterlambatan proyek yang mengakibatkan terkendalanya pembelian dan penyimpanan bahan baku untuk produksi pakan ternak. Sebagai antisipasi keterlambatan proyek maka perlu dilakukan optimasi kinerja proyek dengan percepatan pelaksanaan pembangunan gudang curah (*Bulk Godown*) dengan metode *Crashing* dan *Linear Programming*. Percepatan pada proyek pembangunan gudang curah menggunakan alternatif penambahan jam kerja lembur dengan 3 cara yaitu penambahan 1 jam lembur, 2 jam lembur serta 3 jam lembur. Data yang digunakan adalah data primer yang diambil dari proses wawancara dan data sekunder berupa dokumen-dokumen terkait, yaitu RAB, Penjadwalan, SPK serta dokumen lainnya. Waktu normal proyek selama 152 hari dengan biaya normal sebesar Rp. 15.121.040.000,-. Dari hasil analisis *Crashing* diperoleh waktu optimum untuk percepatan penyelesaian proyek dengan penambahan 2 jam lembur selama 131 hari dengan biaya total Rp. 15.387.512.677,-. Dan hasil analisis *Linear Programming* diperoleh total waktu optimum percepatan penyelesaian proyek selama 124 hari dengan biaya total Rp. 15.252.623.540,-.

Kata kunci: Optimasi, Kinerja Proyek, Percepatan Proyek, Metode *Crashing*, Metode *Linear Programming*, Penambahan Jam Kerja Lembur.

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan Perpres Nomor 2 Tahun 2015 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019, arah kebijakan pembangunan industri nasional adalah mengembangkan perwilayahan industri, melalui strategi membangun 14

Kawasan Industri (KI) di luar Pulau Jawa dan 22 Sentra Industri Kecil dan Menengah (SIKIM). Sasaran pembangunan industri nasional yaitu meningkatkan pertumbuhan industri yang diharapkan dapat mencapai pertumbuhan 2 (dua) digit pada tahun 2035 sehingga kontribusi industri dalam Produk Domestik Bruto (PDB) mencapai 30%

(tiga puluh persen). Ada 10 jenis industri yang menjadi target pengembangan oleh pemerintah dimana salah satunya adalah industri pakan ternak. Proyek pengembangan industri pakan ternak ini memerlukan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu perlu kontrol terhadap anggaran, jadwal dan kualitas sebagai kriteria keberhasilan suatu proyek. Industri pakan ternak sangat bergantung kepada gudang penyimpanan bahan baku seperti jagung yang dibeli dari petani jagung. Gudang perlu dipersiapkan tepat waktu sebelum masa panen tiba. Namun seperti halnya yang sering terjadi pada pelaksanaan suatu proyek, keterlambatan penyelesaian proyek bisa saja terjadi. Keterlambatan ini bisa berasal dari kontraktor maupun dari *owner* ataupun pihak lain (konsultan) yang berdampak penambahan waktu dan biaya diluar rencana. Sebagai antisipasi supaya tidak terjadi keterlambatan ini maka salah satu cara yang dapat dilakukan adalah optimasi kinerja pelaksanaan suatu proyek. Ada beberapa metode optimasi kinerja proyek yang dapat dilakukan untuk percepatan suatu proyek yaitu *Crashing* dan *Linear programming*. Cara ini dilakukan karena dapat mereduksi durasi suatu proyek.

1.1. Proyek

Proyek dapat didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan yang hanya terjadi sekali, dimana pelaksanaannya sejak awal sampai akhir dibatasi oleh kurun waktu tertentu (Tampubolon, 2004). Proyek adalah suatu pekerjaan yang memiliki tanda-tanda khusus sebagai berikut :

1. Waktu mulai dan selesainya sudah direncanakan.
2. Merupakan suatu kesatuan pekerjaan yang dapat dipisahkan dari yang lain.
3. Biasanya volume pekerjaan besar dan hubungan antar aktifitas kompleks.

Sedangkan proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu (bangunan/konstruksi) dalam batasan waktu, biaya dan mutu tertentu. Proyek konstruksi selalu memerlukan *resources* (sumber daya) yaitu *man* (manusia), *material* (bahan bangunan), *machine* (peralatan), *method* (metode pelaksanaan), *money* (uang), *information* (informasi), dan *time* (waktu).

1.2. Percepatan Durasi Proyek

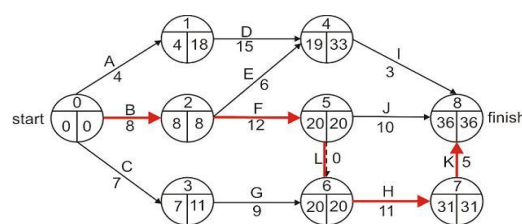
Prabowo (2013) mengatakan bahwa dalam suatu pelaksanaan proyek, kontraktor dapat memutuskan untuk melakukan percepatan waktu apabila memiliki alasan-alasan khusus antara lain :

1. Pelaksanaan proyek sudah tidak sesuai dengan jadwal perencanaan semula, sehingga dilakukan percepatan waktu untuk menghindari denda.
2. Adanya permintaan dari pemilik proyek untuk menyelesaikan proyek sebelum jadwal perencanaan semula agar investasi untuk proyek dapat segera kembali.
3. Kontraktor juga menangani proyek lain, sedangkan sumber daya yang tersedia (tenaga kerja dan peralatan) terbatas, sehingga kontraktor harus memikirkan kemungkinan untuk mempercepat proyek yang sedang berjalan tersebut dibandingkan dengan menyediakan sumber daya untuk proyek yang lalu.

1.3. Critical Path Method (CPM)

Critical Path Method (CPM) merupakan sistem pengendalian pekerjaan yang didasarkan pada network atau jaringan kerja. CPM memberikan manfaat sebagai berikut:

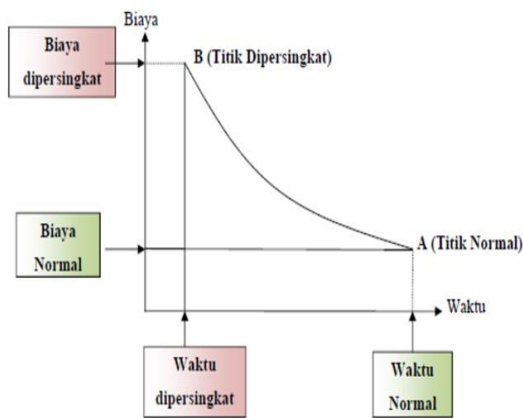
1. Memberikan tampilan grafis dari alur kegiatan sebuah proyek,
2. Memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek,
3. Menunjukkan alur kegiatan mana saja yang penting diperhatikan dalam menjaga jadwal penyelesaian proyek.



Gambar 1. Contoh Jaringan CPM

1.4. Crashing Program

Crashing Project merupakan tindakan untuk mengurangi durasi keseluruhan pekerjaan setelah menganalisa alternatif-alternatif yang ada dari jaringan kerja. Bertujuan untuk mengoptimalkan waktu kerja dengan biaya terendah (Taufiqur Rahman, 2013:1). Seringkali dalam crashing terjadi trade-off, yaitu pertukaran waktu dengan biaya. Hal ini dapat digambarkan dalam bentuk grafik waktu-biaya (seperti pada Gambar 2).



Gambar 2. Grafik Waktu-Biaya

Dalam *crashing project*, terdapat dua komponen waktu, yaitu:

1. Waktu Normal (*Normal Time/NT*), yaitu penyelesaian aktivitas dalam kondisi normal.
2. Waktu Percepatan (*Crash Time/CT*), yaitu waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas.

Dari dua komponen tersebut dapat diperoleh Total Waktu Percepatan, dengan persamaan:

$$\text{Total Waktu Percepatan} = NT - CT \dots\dots\dots 1)$$

Sementara komponen biaya dalam *crashing project* terbagi atas dua, yaitu:

1. Biaya Normal (*Normal Cost/NC*), yaitu biaya untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi normal,
2. Biaya Percepatan (*Crash Cost/CC*), yaitu biaya untuk menyelesaikan setelah dilakukan percepatan.

Dari dua komponen tersebut dapat diperoleh Total Biaya Percepatan, dengan persamaan:

$$\text{Total Biaya Percepatan} = CC - NC \dots\dots\dots 2)$$

sedangkan Biaya per Unit Waktu (*Cost Slope*) dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Cost Slope} = \frac{CC - NC}{NT - CT} \dots\dots\dots 3)$$

Untuk melakukan *crashing* pada sebuah proyek, perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Gambar diagram jaringan untuk setiap kejadian,
2. Hitung total waktu percepatan, total biaya percepatan, dan biaya percepatan per unit waktu untuk setiap kejadian.
3. Tentukan garis edar kritis dan lamanya waktu proyek,

4. Pilih aktivitas pada garis edar kritis yang memiliki biaya percepatan minimal dan kurangi waktu aktivitas tersebut semaksimal mungkin.
5. Perbaharui semua waktu kegiatan, jika batas waktu yang diinginkan telah tercapai, maka berhenti. Jika tidak, ulangi langkah 3.

Alternatif percepatan durasi proyek dapat dilakukan dengan penambahan jam kerja lembur. *Crashing* dengan menambahkan jam kerja akan mempengaruhi jumlah produktivitas harian. Untuk menghitung alternatif ini dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas Harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} \dots\dots\dots 4)$$

$$\text{Produktivitas/jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja normal}} \dots\dots\dots 5)$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas sesudah crash} &= \text{Produktivitas harian} \\ &+ (\text{Total Waktu Lembur} \times \text{Produktivitas/jam} \times \%) \end{aligned} \dots\dots\dots 6)$$

Dari nilai produktivitas harian sesudah *crash* tersebut, dapat dicari durasi penyelesaian proyek setelah dipercepat (*crash duration*) (Mila Nata, 2015:20).

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas sesudah crash}} \dots\dots\dots 7)$$

$$\text{Crash Cost} = \text{Biaya Normal} + \text{Biaya Upah Lembur} \dots\dots\dots 8)$$

1.5. Linear Programming

Linear programming adalah suatu cara untuk menyelesaikan persoalan mengalokasikan sumber-sumber yang terbatas diantara beberapa aktivitas yang bersaing, dengan cara yang terbaik yang mungkin dilakukan.

Tiga langkah utama dalam model perumusan *linear programming* yaitu:

1. Tentukan variabel yang ingin diketahui atau variabel keputusan dan gambarkan dalam simbol-simbol aljabar.
2. Tentukan semua keterbatasan atau kendala dan gambarkan dalam bentuk persamaan linier atau ketidaksamaan dari variabel keputusan tadi.
3. Tentukan tujuan atau kriteria dan gambarkan sebagai suatu fungsi linier dari variabel keputusan yang akan berbentuk maksimasi atau minimasi.

Bentuk umum *model linear programming* :

$$\begin{aligned} &1. \text{ Maksimumkan / Minimumkan :} \\ &Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \dots\dots\dots (9) \end{aligned}$$

2. Batasan / *constraint* :

a. $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{ij}x_j \geq \leq b_1 \dots\dots (10)$

b. $a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2j}x_j \geq \leq b_2 \dots\dots (11)$

c. $\dots + \dots + \dots + \dots + \dots \geq \leq \dots\dots (12)$

d. $a_{i1}x_1 + \dots + \dots + a_{ij}x_j \geq \leq b_j \dots\dots (13)$
dan

e. $x_1, x_2, x_3, \dots, \dots, \dots, x_i \geq 0 \dots\dots (14)$

Keterangan :

Z : Nilai fungsi tujuan yang dicari
nilai optimalnya (maksimal, c_i : minimal). x_i : Biaya per unit kegiatan. a_{ij} : Banyaknya kegiatan ke- i
Banyaknya sumber daya i yang
diperlukan untuk menghasilkan
setiap unit

II. METODA

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif. Pada tahap awal penelitian dilakukan Pengumpulan data sekunder yaitu data-data proyek yang berkaitan dengan proyek pembangunan *Bulk Godown* berupa:

1. Dokumen tender proyek konstruksi *Bulk Godown*
2. Rencana anggaran biaya aktual dan penawaran.
3. Kurva S/Penjadwalan proyek
4. Surat Perintah Kerja (SPK) sebagai penunjang validasi data
5. Data-data proyek pendukung lainnya.

Selanjutnya juga dilakukan wawancara yaitu kepada user dan kontraktor terkait pelaksanaan proyek. Setelah data dari proyek terkumpul, langkah pertama yang harus dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan penyusunan *network planning*, dimulai dari menentukan nomor aktivitas pekerjaan, kemudian menentukan durasi setiap pekerjaan, menentukan aktivitas mana yang mendahului, aktivitas mana yang mengikuti. Setelah *network planning* tersusun maka langkah selanjutnya menentukan jalur kritis aktivitas. Dari jalur kritis tersebut dapat dilakukan analisis *Crashing* dengan metode penambahan jam kerja selama 1, 2 dan 3 jam kerja lembur. Selanjutnya dapat ditentukan total waktu percepatan, total biaya percepatan dan total biaya percepatan per unit waktu (*cost slope*). Aktivitas *crash* optimum yaitu aktivitas yang memiliki nilai *cost slope* terendah. Berikut dilakukan analisis *Linear Programming*. Analisis *Linear Programming* juga

menerapkan metode penambahan jam kerja selama 1, 2 dan 3 jam kerja lembur. Dari analisis *LP* maka diambil kinerja optimum pada posisi *cash slope* terendah.

III. STUDI KASUS

Studi kasus pada penelitian ini yaitu proyek bangunan gudang curah (*Bulk Godown*) PT. Charoen Pokphand Indonesia Cirebon dengan nilai total proyek sebesar 15,12 milyar yang terdiri dari biaya langsung sebesar 11,7milyar dan biaya tidak langsung 3,42milyar. Durasi pengerjaan proyek selama 152 hari yang dimulai pada April 2013 sampai September 2013. Percepatan dilakukan dengan menggunakan metode *Crash Program* dan *Linear Programming* dengan penambahan jam kerja lembur. Rekapitulasi biaya dan jadwal normal pembangunan *Bulk Godown* dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 3

Tabel 1. Rekapitulasi Biaya Proyek Bulk Godown

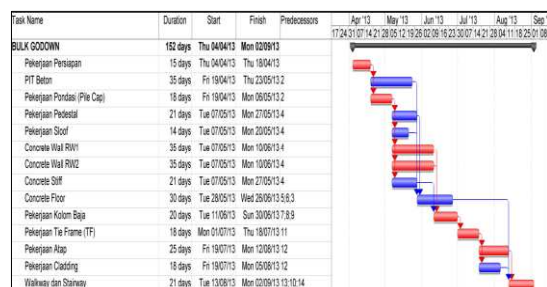
No	Item Pekerjaan	Volume	DN	Satuan	Biaya
1	Pekerjaan Persiapan	1,00	15	ls	Rp 261.800.000,00
2	PIT Beton	349,96	35	m3	Rp 1.301.839.195,17
3	Pekerjaan Pondasi	407,85	18	m3	Rp 857.094.941,99
4	Pekerjaan Pedestal	20,67	21	m3	Rp 206.703.631,18
5	Pekerjaan Sloof	12,74	14	m3	Rp 54.163.425,88
6	Concrete Wall RW1	462,84	35	m3	Rp 1.324.769.041,34
7	Concrete Wall RW2	948,05	35	m3	Rp 2.671.610.371,56
8	Concrete Stiff	17,76	21	m3	Rp 101.404.143,98
9	Concrete Floor	773,64	30	m3	Rp 1.804.865.316,60
10	Pekerjaan Kolom Baja	23.302,08	20	kg	Rp 381.414.613,76
11	Pekerjaan Tie Frame (TF)	24.578,33	18	kg	Rp 405.354.545,66
12	Pekerjaan Atap	4.121,20	25	m2	Rp 2.393.037.438,26
13	Pekerjaan Cladding	2.387,20	18	m2	Rp 606.207.798,08
14	Walkway dan Stairway	91.173,99	21	kg	Rp 1.377.135.747,61
SUBTOTAL					Rp 13.746.400.211,85
DIBULATKAN					Rp 13.746.400.000,00
PPN 10%					Rp 1.374.640.000,00
TOTAL					Rp 15.121.040.000,00

Sumber : Data Proyek

Tabel 2 Durasi Pengerjaan Bulk Godown

Task Name	Duration
BULK GODOWN	152 days
Pekerjaan Persiapan	15 days
PIT Beton	35 days
Pekerjaan Pondasi (Pile Cap)	18 days
Pekerjaan Pedestal	21 days
Pekerjaan Sloof	14 days
Concrete Wall RW1	35 days
Concrete Wall RW2	35 days
Concrete Stiff	21 days
Concrete Floor	30 days
Pekerjaan Kolom Baja	20 days
Pekerjaan Tie Frame (TF)	18 days
Pekerjaan Atap	25 days
Pekerjaan Cladding	18 days
Walkway dan Stairway	21 days

Sumber : Data Proyek



Gambar 3. Network Planning Proyek Bulk Godown

Sumber : Data Proyek

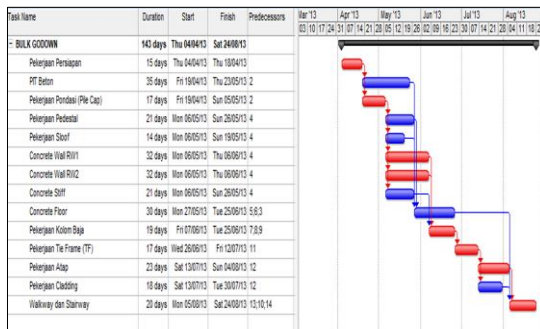
IV. HASIL DAN DISKUSI

Hasil analisis penerapan metode *Crashing* dan *Linear Programming* dengan penambahan jam kerja lembur selama 1, 2 dan 3 jam adalah sebagai berikut:

1. *Crashing Program*

a. *Crashing* dengan penambahan 1 jam lembur

Hasil analisis *crasing program* untuk penambahan 1 jam lembur dapat dilihat pada penjadwalan pada Gambar 4 dan penambahan biaya pada tabel 3 dibawah ini:



Gambar 4 *Network Planning* 1 jam lembur
Sumber : Analisis MS Project

Tabel 3 Rekapitulasi *Crash Cost* 1 Jam Lembur

No	Aktivitas	Volume	Satuan	Biaya Crash 1 Jam Lembur				Durasi baru
				Biaya Langsung			Biaya tak Langsung	
				Bahan	Upah	Alat		
1	Pekerjaan Pensiapan	1,00	ls	159.888.375	31.977.675	21.318.450	74.795.500	15
2	PIT Beton	349,96	m ³	832.363.435	166.472.687	110.981.791	322.205.201	35
3	Pekerjaan Pondasi	407,85	m ³	548.005.079	129.009.529	81.693.350	200.345.943	17
4	Pekerjaan Pedestal	20,67	m ³	132.161.134	26.432.227	17.621.485	51.159.149	21
5	Pekerjaan Sloof	12,74	m ³	34.630.740	6.926.148	4.617.432	13.405.448	14
6	Concrete Wall RW1	462,84	m ³	847.024.206	198.455.671	125.843.596	279.736.309	32
7	Concrete Wall RW2	948,05	m ³	1.708.160.881	400.197.690	253.793.902	547.547.261	32
8	Concrete Slab	17,76	m ³	64.835.275	12.967.055	8.644.703	25.097.526	21
9	Concrete Floor	773,64	m ³	1.153.985.762	230.797.152	153.864.768	446.704.166	30
10	Pekerjaan Kolom Baja	23302,08	kg	243.866.969	57.461.154	36.376.823	89.680.111	17
11	Pekerjaan Tie Frame (TF)	24578,33	kg	259.173.563	61.013.776	38.636.059	97.514.625	19
12	Pekerjaan Atap	4121,20	m ²	1.530.048.312	384.629.239	227.467.182	458.625.613	21
13	Pekerjaan Cladding	2387,20	m ²	386.954.736	77.390.947	51.593.965	149.788.930	18
14	Walkway dan Stairway	91173,99	kg	880.506.169	207.547.883	131.377.111	324.610.569	20
JUMLAH BIAYA				8.781.604.635	1.965.435.926	1.263.820.618	3.241.762.362	143
TOTAL BIAYA				15.252.623.540				
DURASI				143				

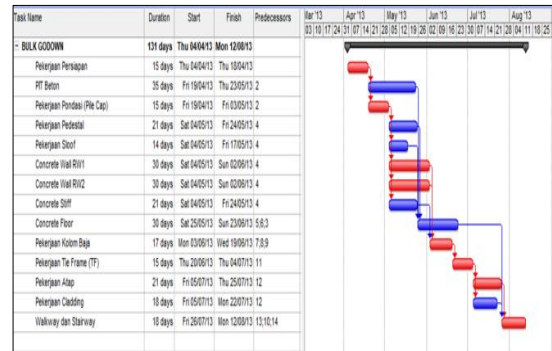
Sumber : Analisis Data Proyek

Dari analisis percepatan durasi proyek dengan penambahan 1 jam kerja lembur, diperoleh waktu pengerjaan pembangunan Bulk Godown diperlukan selama 143 hari dengan total biaya yang diperlukan sebesar Rp. 15.252.623.540,-.

b. *Crashing* dengan penambahan 2 jam lembur

Hasil analisis *crasing program* untuk penambahan 2 jam lembur dapat dilihat penjadwalan pada Gambar 5. dan

penambahan biaya pada tabel 4. dibawah ini.



Gambar 5 *Network Planning* 2 jam lembur
Sumber : Analisis MS

Tabel 4 Rekapitulasi *Crash Cost* 2 Jam Lembur

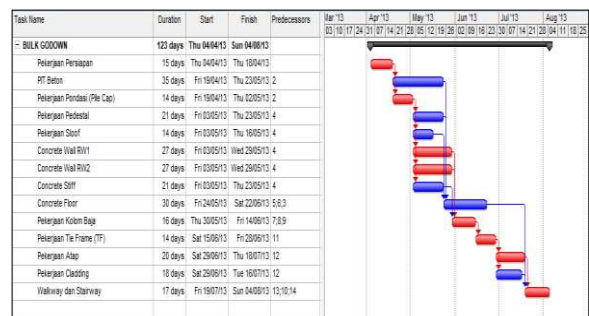
No	Aktivitas	Volume	Satuan	Biaya Crash 2 Jam Lembur				Durasi baru
				Biaya Langsung			Biaya tak Langsung	
				Bahan	Upah	Alat		
1	Pekerjaan Persiapan	1,00	ls	159.888.375	31.977.675	21.318.450	74.795.500	15
2	PIT Beton	349,96	m3	832.363.435	166.472.687	110.981.791	322.205.201	35
3	Pekerjaan Pondasi	407,85	m3	548.005.079	149.559.719	88.289.707	176.775.832	15
4	Pekerjaan Pedestal	20,67	m3	132.161.134	26.432.227	17.621.485	51.159.149	21
5	Pekerjaan Sloof	12,74	m3	34.630.740	6.926.148	4.617.432	13.405.448	14
6	Concrete Wall RW1	462,84	m3	847.024.206	232.931.657	137.137.252	281.040.289	30
7	Concrete Wall RW2	948,05	m3	1.708.160.881	469.744.242	276.559.381	566.763.057	30
8	Concrete Sluff	17,76	m3	64.835.275	12.967.055	8.644.703	25.097.526	21
9	Concrete Floor	773,64	m3	1.153.985.762	230.797.152	153.864.768	446.704.166	30
10	Pekerjaan Kolom Baja	23302,08	kg	243.866.969	66.911.000	39.425.160	80.240.099	17
11	Pekerjaan Tie Frame (TF)	24578,33	kg	259.173.563	70.732.785	41.755.741	83.604.375	15
12	Pekerjaan Atap	4121,20	m2	1.530.048.312	418.468.213	246.847.794	497.512.483	21
13	Pekerjaan Cladding	2387,20	m2	386.954.736	77.390.947	51.593.965	149.788.930	18
14	Walkway dan Stairway	91173,99	kg	880.506.169	242.139.196	142.558.142	292.149.512	18
JUMLAH BIAYA				8.781.604.635	2.203.450.704	1.341.215.771	3.061.241.568	131
TOTAL BIAYA				15.387.512.677				
DURASI				131				

Sumber : Analisis Data Proyek

Dari analisis percepatan durasi proyek dengan penambahan 2 jam kerja lembur, diperoleh waktu pengerjaan pembangunan Bulk Godown diperlukan selama 131 hari dengan total biaya yang diperlukan yaitu sebesar Rp. 15.387.512.677,-.

c. *Crashing* dengan penambahan 3 jam lembur

Hasil analisis *crasing program* untuk penambahan 3 jam lembur dapat dilihat penjadwalan pada Gambar 6 dan penambahan biaya pada tabel 5 dibawah ini:



Gambar 6 *Network Planning* 3 jam lembur
Sumber : Analisis MS Project

Tabel 5 Rekapitulasi *Crash Cost* 3 Jam Lembur

No	Aktivitas	Volume	Satuan	Biaya Crash 3 Jam Lembur				Durasi baru
				Biaya Langsung			Biaya tak Langsung	
				Bahan	Upah	Alat		
1	Pekerjaan Persiapan	1,00	ls	159.888.375	31.977.675	21.318.450	74.795.500	15
2	PIT Beton	349,96	m ³	892.363.435	166.472.687	110.981.791	322.205.201	35
3	Pekerjaan Pondasi	407,85	m ³	548.005.079	168.207.114	94.378.652	164.990.776	14
4	Pekerjaan Pedestal	20,67	m ³	132.161.134	26.432.227	17.621.485	51.159.149	21
5	Pekerjaan Sloof	12,74	m ³	34.630.740	6.926.148	4.617.432	13.405.448	14
6	Concrete Wall RW1	462,84	m ³	847.024.205	259.249.909	145.607.494	252.596.261	27
7	Concrete Wall RW2	948,05	m ³	1.708.180.381	322.829.241	299.640.990	510.086.752	27
8	Concrete Stiff	17,76	m ³	64.835.275	12.967.055	8.644.703	25.097.526	21
9	Concrete Floor	773,64	m ³	1.153.955.762	230.797.152	153.864.768	446.704.166	30
10	Pekerjaan Kolom Baja	23302,08	kg	243.866.969	75.598.760	42.270.275	75.520.084	16
11	Pekerjaan Tie Frame (TF)	24578,33	kg	259.173.563	79.551.885	44.635.447	78.090.750	14
12	Pekerjaan Atap	4121,20	m ²	1.593.048.312	474.314.977	265.208.374	478.821.413	20
13	Pekerjaan Cladding	2387,20	m ²	886.954.736	77.390.947	51.993.965	149.788.980	18
14	Walkway dan Stairway	91173,99	kg	880.506.169	274.109.956	153.040.358	275.918.984	17
JUMLAH BIAYA				8.781.604.635	2.406.815.734	1.407.424.184	2.914.460.948	123
TOTAL BIAYA						15.510.305.501		
DURASI								123

Sumber : Analisis Data Proyek

Dari analisis percepatan durasi proyek dengan penambahan 3 jam kerja lembur, diperoleh waktu pengerjaan pembangunan Bulk Godown diperlukan selama 123 hari dengan total biaya yang diperlukan yaitu sebesar Rp. 15.510.305.501,-.

Hasil analisis *crashing program* dengan penambahan jam kerja lembur diatas, maka semakin besar jam kerja lembur akan mengakibatkan semakin besar biaya langsung yang akan dikeluarkan (Tabel 6.) namun waktu penyelesaian proyek akan semakin cepat.

Tabel 6. Rekapitulasi Total *Crash Cost* dan *Cost Slope Crashing Program*

Jam Lembur	Rekapitulasi Biaya	Biaya Langsung			Biaya Tak Langsung	Total Cost	Total hari
		Bahan	Upah	Alat			
1 jam	Normal	8.781.604.635	1.756.320.927	1.170.880.618	3.412.234.052	15.121.040.232	152
	Crash	8.781.604.635	1.965.435.926	1.263.820.618	3.241.762.362	15.252.623.540	143
	Total Normal Cost		11.708.806.180		3.412.234.052	Selish	
	Total Crash Cost		12.010.861.179		3.241.762.362	131.583.308	
2 jam	Normal	8.781.604.635	1.756.320.927	1.170.880.618	3.412.234.052	15.121.040.232	152
	Crash	8.781.604.635	2.203.450.704	1.341.215.771	3.061.241.568	15.387.512.677	131
	Total Normal Cost		11.708.806.180		3.412.234.052	Selish	
	Total Crash Cost		12.326.271.110		3.061.241.568	766.472.445	
3 jam	Normal	8.781.604.635	1.756.320.927	1.170.880.618	3.412.234.052	15.121.040.232	152
	Crash	8.781.604.635	2.406.815.734	1.407.424.184	2.914.460.948	15.510.305.501	123
	Total Normal Cost		11.708.806.180		3.412.234.052	Selish	
	Total Crash Cost		12.595.844.553		2.914.460.948	389.265.269	

Lembur (jam)	Durasi (hari)	Biaya Langsung	Biaya Tak Langsung	Total Cost	Cost Slope
0	152	Rp. 11.708.806.180	Rp. 3.412.234.052	Rp. 15.121.040.232	0
1	143	Rp. 12.010.861.179	Rp. 3.241.762.362	Rp. 15.252.623.540	Rp. 14.620.368
2	131	Rp. 12.326.271.110	Rp. 3.061.241.568	Rp. 15.387.512.677	Rp. 12.689.164
3	123	Rp. 12.595.844.553	Rp. 2.914.460.948	Rp. 15.510.305.501	Rp. 13.422.940

Sumber : Analisis Data Proyek

Gambar 7 Grafik Total *Crash Cost*

Sumber : Analisis Data Proyek

Dari analisis percepatan durasi proyek dengan cara penambahan jam kerja lembur, diperoleh lama pengerjaan pembangunan *Bulk Godown* dengan penambahan 1 jam kerja lembur selama 143 hari dengan total biaya yang diperlukan yaitu sebesar Rp. 15.252.623.540,- dengan nilai *cost slope* Rp. 14.620.368,- dan dengan penambahan 2 jam kerja lembur diperlukan waktu pengerjaan selama 131 hari dengan total biaya yang diperlukan yaitu sebesar Rp. 15.387.512.677,- dengan nilai *cost slope* Rp. 12.689.164,- serta penambahan 3 jam kerja lembur diperlukan waktu selama 123 hari dengan total biaya yang diperlukan yaitu sebesar Rp. 15.510.305.501,- dengan nilai *cost slope* Rp. 13.422.940,-.

Jadi penambahan jam kerja lembur yang paling optimum dengan *cost slope* terkecil adalah penambahan jam kerja lembur selama 2 jam.

2. Linear Programming

Hasil analisis *linear programming* adalah sebagai berikut:

a. *Linear programming* dengan penambahan 1 jam kerja lembur

Tabel 7 Biaya, Durasi dan *Predecessor LP 1*

NO	ITEM PEKERJAAN	BIAYA	DURASI NORMAL	DURASI BARU	Y	PREDECESSOR
1	Pekerjaan Persiapan	287.980.000	15	15	-	
2	PIT Beton	942.804.436	35	35	-	1
3	Pekerjaan Pondasi	227.373.994	18	17	1	1
4	Pekerjaan Pedestal	59.579.768	21	21	-	3
5	Pekerjaan Sloof	1.985.351.848	14	14	-	3
6	Concrete Wall RW1	1.457.245.945	35	32	3	3
7	Concrete Wall RW2	2.938.771.409	35	32	3	3
8	Concrete Stiff	111.544.558	21	21	-	3
9	Concrete Floor	1.432.023.115	30	30	-	2;4;5
10	Pekerjaan Kolom Baja	419.556.075	20	19	1	6;7;8
11	Pekerjaan Tie Frame (TF)	445.890.000	18	17	1	10
12	Pekerjaan Atap	2.632.341.182	25	23	2	11
13	Pekerjaan Cladding	665.728.578	18	18	-	11
14	Walkway dan Stairway	1.514.849.322	21	20	1	9;12;13

Sumber : Analisis Data Proyek

Tabel 8 *Constraint LP 1*

CONSTRAINT:		COST MIN :									
COMB1	X2	≥	X1	+	15	-	Y1	Y1	≤	-	16.249.464 Y3
COMB2	X3	≥	X1	+	15	-	Y1	Y2	≤	-	4.614.612 Y6
COMB3	X4	≥	X3	+	18	-	Y3	Y3	≤	1	9.306.109 Y7
COMB4	X5	≥	X3	+	18	-	Y3	Y4	≤	-	7.828.982 Y10
COMB5	X6	≥	X3	+	18	-	Y3	Y5	≤	-	7.685.023 Y11
COMB6	X7	≥	X3	+	18	-	Y3	Y6	≤	3	14.432.633 Y12
COMB7	X8	≥	X3	+	18	-	Y3	Y7	≤	3	29.192.409 Y14
COMB8	X9	≥	X2	+	35	-	Y2	Y8	≤	-	
COMB9	X9	≥	X4	+	21	-	Y4	Y9	≤	-	
COMB10	X9	≥	X5	+	14	-	Y5	Y10	≤	1	
COMB11	X10	≥	X6	+	35	-	Y6	Y11	≤	1	
COMB12	X10	≥	X7	+	35	-	Y7	Y12	≤	2	
COMB13	X10	≥	X8	+	21	-	Y8	Y13	≤	-	
COMB14	X11	≥	X10	+	20	-	Y10	Y14	≤	1	
COMB15	X12	≥	X11	+	18	-	Y11				
COMB16	X13	≥	X11	+	18	-	Y11				
COMB17	X14	≥	X9	+	30	-	Y9				
COMB18	X14	≥	X12	+	25	-	Y12				
COMB19	X14	≥	X13	+	18	-	Y13				

Dari analisis percepatan durasi proyek dengan cara penambahan jam kerja lembur, diperoleh lama pengerjaan pembangunan *Bulk Godown* dengan penambahan 1 jam kerja lembur selama 124 hari dengan total biaya yang diperlukan yaitu sebesar Rp. 15.252.623.540,-

b. *Linear programming* dengan penambahan 2 jam kerja lembur

Tabel 9 Biaya, Durasi dan *Predecessor LP*

NO	ITEM PEKERJAAN	BIAYA	DURASINORMAL	DURASIBARU	Y	PREDECESSOR
1	Pekerjaan Persiapan	287.980.000	15	15	-	
2	PT Beton	942.804.436	35	35	-	1
3	Pekerjaan Pondasi	227.373.994	18	15	3	1
4	Pekerjaan Pedestal	59.579.768	21	21	-	3
5	Pekerjaan Sloof	1.985.351.848	14	14	-	3
6	Concrete Wall RW1	1.457.245.945	35	30	5	3
7	Concrete Wall RW2	2.938.771.409	35	30	5	3
8	Concrete Sluff	111.544.558	21	21	-	3
9	Concrete Floor	1.432.023.115	30	30	-	2,4,5
10	Pekerjaan Kolom Baja	419.556.075	20	17	3	6,7,8
11	Pekerjaan Tie Frame (TF)	445.890.000	18	15	3	10
12	Pekerjaan Atap	2.632.341.182	25	21	4	11
13	Pekerjaan Cladding	665.728.578	18	18	-	11
14	Walkway dan Stairway	1.514.849.322	21	18	3	9,12,13

Sumber : Analisis Data Proyek

Tabel 10 *Constraint LP 2*

CONSTRAINT:		COST MIN :									
COMB1	X2	≥	X1	+	15	-	Y1	Y1	≤	-	6.608.634 Y3
COMB2	X3	≥	X1	+	15	-	Y1	Y2	≤	-	8.177.492 Y6
COMB3	X4	≥	X3	+	18	-	Y3	Y3	≤	3	16.491.231 Y7
COMB4	X5	≥	X3	+	18	-	Y3	Y4	≤	-	3.629.051 Y10
COMB5	X6	≥	X3	+	18	-	Y3	Y5	≤	-	3.125.488 Y11
COMB6	X7	≥	X3	+	18	-	Y3	Y6	≤	5	15.133.905 Y12
COMB7	X8	≥	X3	+	18	-	Y3	Y7	≤	5	14.167.899 Y14
COMB8	X9	≥	X2	+	35	-	Y2	Y8	≤	-	
COMB9	X9	≥	X4	+	21	-	Y4	Y9	≤	-	
COMB10	X9	≥	X5	+	14	-	Y5	Y10	≤	3	
COMB11	X10	≥	X6	+	35	-	Y6	Y11	≤	3	
COMB12	X10	≥	X7	+	35	-	Y7	Y12	≤	4	
COMB13	X10	≥	X8	+	21	-	Y8	Y13	≤	-	
COMB14	X11	≥	X10	+	20	-	Y10	Y14	≤	3	
COMB15	X12	≥	X11	+	18	-	Y11				
COMB16	X13	≥	X11	+	18	-	Y11				
COMB17	X14	≥	X9	+	30	-	Y9				
COMB18	X14	≥	X12	+	25	-	Y12				
COMB19	X14	≥	X13	+	18	-	Y13				

Sumber : Analisis Data Proyek

Hasil analisis *LP* dengan penambahan 2 jam kerja lembur diperlukan waktu pengerjaan selama 114 hari dengan total biaya yang diperlukan yaitu sebesar Rp. 15.387.512.677,-

c. *Linear programming* dengan penambahan 3 jam kerja lembur

Tabel 11 Biaya, Durasi dan *Predecessor LP*

NO	ITEM PEKERJAAN	BIAYA	DURASINORMAL	DURASIBARU	Y	PREDECESSOR
1	Pekerjaan Persiapan	287.980.000	15	15	-	
2	PT Beton	942.804.436	35	35	-	1
3	Pekerjaan Pondasi	227.373.994	18	14	4	1
4	Pekerjaan Pedestal	59.579.768	21	21	-	3
5	Pekerjaan Sloof	1.985.351.848	14	14	-	3
6	Concrete Wall RW1	1.457.245.945	35	27	8	3
7	Concrete Wall RW2	2.938.771.409	35	27	8	3
8	Concrete Sluff	111.544.558	21	21	-	3
9	Concrete Floor	1.432.023.115	30	30	-	2,4,5
10	Pekerjaan Kolom Baja	419.556.075	20	16	4	6,7,8
11	Pekerjaan Tie Frame (TF)	445.890.000	18	14	4	10
12	Pekerjaan Atap	2.632.341.182	25	20	5	11
13	Pekerjaan Cladding	665.728.578	18	18	-	11
14	Walkway dan Stairway	1.514.849.322	21	17	4	9,12,13

Sumber : Analisis Data Proyek

Tabel 12 *Constraint LP 2*

CONSTRAINT:		COST MIN :									
COMB1	X2	≥	X1	+	15	-	Y1	Y1	≤	-	8.194.296 Y3
COMB2	X3	≥	X1	+	15	-	Y1	Y2	≤	-	5.946.491 Y6
COMB3	X4	≥	X3	+	18	-	Y3	Y3	≤	4	11.992.057 Y7
COMB4	X5	≥	X3	+	18	-	Y3	Y4	≤	-	4.425.005 Y10
COMB5	X6	≥	X3	+	18	-	Y3	Y5	≤	-	3.875.411 Y11
COMB6	X7	≥	X3	+	18	-	Y3	Y6	≤	8	22.210.379 Y12
COMB7	X8	≥	X3	+	18	-	Y3	Y7	≤	8	17.181.536 Y14
COMB8	X9	≥	X2	+	35	-	Y2	Y8	≤	-	
COMB9	X9	≥	X4	+	21	-	Y4	Y9	≤	-	
COMB10	X9	≥	X5	+	14	-	Y5	Y10	≤	4	
COMB11	X10	≥	X6	+	35	-	Y6	Y11	≤	4	
COMB12	X10	≥	X7	+	35	-	Y7	Y12	≤	5	
COMB13	X10	≥	X8	+	21	-	Y8	Y13	≤	-	
COMB14	X11	≥	X10	+	20	-	Y10	Y14	≤	4	
COMB15	X12	≥	X11	+	18	-	Y11				
COMB16	X13	≥	X11	+	18	-	Y11				
COMB17	X14	≥	X9	+	30	-	Y9				
COMB18	X14	≥	X12	+	25	-	Y12				
COMB19	X14	≥	X13	+	18	-	Y13				

Sumber : Analisis Data Proyek

Dari analisis *linear programming* dengan penambahan 3 jam kerja lembur diperlukan waktu selama 107 hari dengan total biaya yang diperlukan yaitu sebesar Rp. 15.510.305.501,-.

KESIMPULAN

Dari analisis percepatan durasi proyek dengan metode *crashing* penambahan jam kerja lembur, diperoleh hasil kinerja proyek optimum untuk pengerjaan pembangunan *Bulk Godown* yaitu dengan penambahan 2 jam kerja lembur diperlukan waktu pengerjaan selama 131 hari dengan total biaya yang diperlukan yaitu sebesar Rp. 15.387.512.677,- dan dengan metode *linear programming* diperoleh waktu optimum kinerja proyek percepatan pembangunan yaitu dengan 1 jam kerja lembur diperlukan waktu selama 124 hari dengan total biaya yang diperlukan yaitu sebesar Rp. 15.252.623.540,-. Dari kedua metode tersebut, *Linear programming* lebih efektif dan efisien untuk diterapkan pada proses optimasi kinerja pelaksanaan proyek.

SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, untuk dapat meningkatkan optimasi kinerja proyek dengan percepatan pembangunan perlu dilakukan :

1. Menerapkan metode estimasi berbasis aplikasi untuk optimasi kinerja proyek oleh kontraktor, konsultan dan user proyek untuk mendapatkan hasil maksimal ketika dilakukan percepatan pelaksanaan pembangunan.
2. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk jenis-jenis proyek lainnya seperti bangunan gedung, infrastruktur serta residensial.

REFERENSI

- Perpres Nomor 2 Tahun 2015 *tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN)*. Jakarta
- Tampubolon, (2004). *Manajemen Operasional*. Edisi Pertama. Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Taufiqur Rahman, (2013). <http://taufiqurrachman.esaunggul.ac.id> .weblog .